

(19)



(11)

**EP 3 360 219 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**30.09.2020 Patentblatt 2020/40**

(51) Int Cl.:  
**H02H 9/00** (2006.01)      **H02H 9/02** (2006.01)  
**H02H 3/08** (2006.01)      **H02H 3/42** (2006.01)  
**H02H 1/04** (2006.01)      **H03K 17/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16751534.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/068464**

(22) Anmeldetag: **02.08.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/059983 (13.04.2017 Gazette 2017/15)**

(54) **ELEKTRONISCHER SCHUTZSCHALTER**

ELECTRONIC CIRCUIT BREAKER

DISJONCTEUR ÉLECTRONIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder: **ASANZA MALDONADO, Diego Fernando**  
**90403 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **08.10.2015 DE 102015219545**

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**  
**Nordostpark 16**  
**90411 Nürnberg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**15.08.2018 Patentblatt 2018/33**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 2 403 088**      **WO-A1-2015/024754**  
**DE-A1- 19 938 716**      **DE-A1-102005 038 124**  
**DE-A1-102011 120 466**      **DE-U1- 20 010 283**

(73) Patentinhaber: **Ellenberger & Poensgen GmbH**  
**90518 Altdorf (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 3 360 219 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen elektronischer Schutzschalter mit einer Steuereinheit und mit einem steuerbaren Halbleiterschalter, der in einen Strompfad zwischen einem Spannungseingang und einem Lastausgang geschaltet ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft weiter ein Verfahren zur Steuerung eines solchen elektronischen Schutzschalters gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 6. Ein derartiger Schutzschalter und ein solches Verfahren sind beispielsweise aus der DE 10 2005 038 124 A1 bekannt.

**[0002]** Ein aus der DE 203 02 275 U1 bekannter elektronischer Schutzschalter weist einen Halbleiterschalter in Form eines MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) auf, der zwischen einen Betriebsspannungsanschluss und einen Lastanschluss in einen Strompfad geschaltet ist. Um in einem Gleichspannungsnetz eine zuverlässige Strombegrenzung zu erreichen, wird ein von einem Stromsensor im Strompfad erfasster Messwert einem Komparatoreingang einer Regeleinrichtung zugeführt. Bei Vorliegen eines Einschaltsignals und bei einem einen Referenzwert unterschreitenden Messwert steuert die Regeleinrichtung den Halbleiterschalter auf, während bei einem den Referenzwert überschreitenden Messwert die Regeleinrichtung den Leistungstransistor zusteuert und den über diesen fließende Strom auf den Referenzwert begrenzt.

**[0003]** Aus der EP 1 186 086 B1 ist ein Stromverteilungssystem im Niederspannungsbereich, insbesondere im 24V DC-Bereich, mit einer Anzahl von Stromkreisen mit jeweils einem elektronischen Schutzschalter als Kurzschluss- und/oder Überlastschutz bekannt. Die Stromkreise sind mittels eines getakteten Netzteils gemeinsam gespeist. Im Überlastfall erfolgt bei Überschreiten einer einstellbaren Stromschwelle, z. B. beim 1,1-Fachen des Nennstroms ( $I_N$ ) eine Sperrung des elektronischen Schutzschalters nach Ablauf einer Verzögerungszeit, während im Kurzschlussfall zunächst eine Strombegrenzung und nach Überschreiten einer weiteren Stromschwelle (z. B.  $2 \times I_N$ ) eine Sperrung des Schutzschalters nach Ablauf einer bestimmten Abschaltzeit erfolgt.

**[0004]** Aus der EP 1 150 410 A2 ist ein mittels eines Mikroprozessors über einen Auslösekreis angesteuerter elektronischer Schutzschalter bekannt, der die Energieversorgung zu einer Last mit einer Zeitverzögerung unterbricht. Zuvor oder zeitgleich erfolgt eine partielle Unterbrechung des Schutzschalters.

**[0005]** Eine partielle Unterbrechung eines elektronischen Schutzschalters mit mehreren Schaltblöcken, die jeweils einen elektronischen Schalter in Form eines MOSFET und einen diesen über einen gemeinsamen Mikroprozessor steuernden Komparator aufweisen, ist auch aus der EP 1 294 069 B1 bekannt. Im Falle eines Überstroms wird die Energieversorgung zur Last nach einer Zeitverzögerung unterbrochen, die auf eine partielle Untersagung des wenigstens einen Schalters folgt.

**[0006]** Zum Schalten insbesondere kapazitiver Lasten

und/oder zu deren Schutz gegen Überstrom und Kurzschluss wird der Halbleiterschalter des elektronischen Schutzschalters als Konstantstromquelle zum Laden der Kapazität genutzt. Der Halbleiterschalter und insbesondere ein hierbei eingesetzter MOSFET muß in der Lage sein, während des Schaltens beziehungsweise im Zuge des Ladens der Kapazität die Verlustleistung in Folge des Einschaltstroms tragen zu können. Aufgrund dieser Situation werden elektronische Schutzschalter, insbesondere solche mit aktiver Strombegrenzung, üblicherweise mit einem überdimensionierten Halbleiterschalter (MOSFET) ausgelegt, um dieser Verlustleistung ausreichend Rechnung zu tragen. Eine derartige Dimensionierung des eingesetzten Halbleiterschalters führt jedoch zu einem erhöhten Kostenaufwand und einem entsprechend großen Raumbedarf innerhalb der Schaltung des elektronischen Schutzschalters.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Vermeidung der genannten Nachteile einen möglichst effektiv arbeitenden elektronischen Schutzschalter anzugeben, wobei ein überdimensionierter Halbleiterschalter sowie dessen aufwändige Ansteuerung vermieden werden sollen. Des Weiteren soll ein geeignetes Verfahren zur Steuerung (Ansteuerung) eines solchen elektronischen Schutzschalters, insbesondere auch während eines Einschaltvorgangs einer Last, angegeben werden.

**[0008]** Bezüglich des elektronischen Schutzschalters wird die genannte Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 7 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

**[0009]** Erfindungsgemäß ist der steuerbare Halbleiterschalter unter Bildung einer spannungsgesteuerten Stromquelle verschaltet, d. h. in eine entsprechende spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung integriert. Deren Ausgangsstrom ist bei angeschlossener Last mittels einer Steuereinheit derart eingestellt, dass die Leistung des Halbleiterschalters stets kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert ist. Die Steuereinheit gibt einen Sollwert des Ausgangsstroms an die spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung und erhält von dieser einen Differenzwert, der aus einer Abweichung des Ausgangsstroms vom Sollwert gebildet ist. Der Differenzwert dient zur Ansteuerung des Halbleiterschalters und ist diesem steuerseitig als Steuersignal (Steuerspannung) zugeführt.

**[0010]** Die Steuereinheit des elektronischen Schutzschalters stellt im Überlast- oder Kurzschlussfall und somit auch bei einem Einschalten auf eine kapazitive Last den Sollwert des Ausgangsstroms derart ein, dass dieser unter Berücksichtigung des maximalen Leistungswertes des Halbleiterschalters ausgehend von einem Minimalwert nur bei über die Zeit ansteigender Ausgangsspannung ebenfalls ansteigt. Die Vorgabe des Sollwertes durch die Steuereinheit des elektronischen Schutzschalters erfolgt dabei geeigneterweise in diskreten Schritten, sodass der Ausgangsstrom (Laststrom) stufenweise an-

steigt. Während der Phasen oder Stufen konstanten Ausgangsstroms stellt die Steuereinheit anhand der erfassten Ausgangsspannung fest, ob diese ansteigt oder nicht. Falls die Ausgangsspannung ansteigt, wird der Sollwert auf einen nächst höheren Wert gesetzt, sodass auch der Ausgangsstrom ebenfalls auf einen höheren Stufenwert ansteigt. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis unter der Voraussetzung der stetig ansteigenden Ausgangsspannung ein Maximalwert erreicht ist. Andernfalls, wenn die Ausgangsspannung nicht ansteigt, wird der Halbleiterschalter gesperrt, sodass der elektronische Schutzschalter auslöst und die Last vom Strompfad trennt.

**[0011]** Der Steuereinheit sind hierzu geeigneterweise eine den Ausgangsstrom repräsentierende Spannung der spannungsgesteuerten Stromquelleschaltung als Istwert und deren Ausgangsspannung zugeführt. Weicht der in oder von der spannungsgesteuerten Stromquelleschaltung gebildete Differenzwert im Überlast- oder Kurzschlussfall oder bei einem Einschalten auf eine kapazitive Last von einem Schwellwert ab, so wird dieser Zustand von der Steuereinheit anhand des Differenzwertes erkannt und es erfolgt vorzugsweise zunächst eine Strombegrenzung. Zudem stellt die Steuereinheit den Sollwert des Ausgangsstroms derart ein, dass der maximale Leistungswert des Halbleiterschalters nicht überschritten wird, dieser also stets unter Berücksichtigung seines maximalen Leistungsverlustes innerhalb dessen Sicherheitsbereich (safe operation area) arbeitet.

**[0012]** In besonders geeigneter Ausgestaltung weist die spannungsgesteuerte Stromquelleschaltung des elektronischen Schutzschalters einen als Komparator arbeitenden Operationsverstärker auf, dem eingangsseitig der den Ausgangsstrom repräsentierende Istwert und von der Steuereinheit der Sollwert des Ausgangsstroms zugeführt ist. Ausgangsseitig ist der Operationsverstärker mit einem Eingang der Steuereinheit sowie mit dem Halbleiterschalter steuerseitig, vorzugsweise über eine Verstärkerschaltung, verbunden. Der dem Operationsverstärker eingangsseitig zugeführte Istwert sowie der diesem ebenfalls eingangsseitig zugeführte Sollwert sind Spannungswerte, deren Differenz oder Differenzwert am Ausgang des Operationsverstärkers zu einem entsprechenden Spannungsdifferenzwert führt, welcher gleich der oder proportional zur Abweichung des Istwerts vom aktuell vorgegebenen Sollwert ist.

**[0013]** Wird demnach der Sollwert in Abhängigkeit von der aktuellen Ausgangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquelleschaltung des elektronischen Schutzschalters vorzugsweise stufenweise auf höhere Werte gesetzt, so liefert der Operationsverstärker ausgangsseitig aufgrund der Differenzbildung mit dem Istwert eine entsprechend ansteigende Steuerspannung für den Halbleiterschalter, sodass dieser entsprechend zunehmend geöffnet (durchgeschaltet) wird und sich der Ausgangsstrom entsprechend erhöht, was wiederum zur Erhöhung des Istwertes führt.

**[0014]** Bei dem Verfahren zur Steuerung des elektro-

nischen Schutzschalter mit in eine spannungsgesteuerte Stromquelleschaltung integriertem Halbleiterschalter werden der Ausgangsstrom sowie vorzugsweise auch die Ausgangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquelleschaltung erfasst und die Leistung des Halbleiterschalters kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert eingestellt.

**[0015]** Insbesondere im Kurzschlussfall, d. h. auch während eines Einschaltvorgangs einer kapazitiven Last wird der Ausgangsstrom vorzugsweise zunächst auf einen Stromwert begrenzt. Hierzu wird der Ausgangsstrom der Stromquelleschaltung geeigneterweise als Istwert gespiegelt, der mit einem Sollwert des Ausgangsstroms verglichen wird. Aus dem Ergebnis des Soll-Ist-Vergleichs wird eine Spannungsdifferenz (Differenzwert) gebildet, die (der) direkt zur Ansteuerung des Halbleiterschalters verwendet wird. Die Spannungsdifferenz bzw. der entsprechende Differenzwert löst bei einer Schwellwertabweichung zunächst die Strombegrenzung aus. Anschließend wird in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung der Sollwert eingestellt, d.h. insbesondere herabgesetzt oder verringert. Die Einstellung erfolgt dabei derart, dass einerseits die Leistung des Halbleiterschalters kleiner oder gleich dem maximalen Leistungswert ist, und dass andererseits der Ausgangsstrom ausgehend von einem ersten Stromwert (Minimalwert) nur dann erhöht wird, wenn im zeitlichen Verlauf die Ausgangsspannung ansteigt.

**[0016]** Mit anderen Worten wird bei einer Abweichung des als Istwert kontinuierlich erfassten Ausgangsstroms von einem Sollwert ein diese Abweichung repräsentierender Spannungsdifferenzwert einerseits direkt zur Ansteuerung des Halbleiterschalters zum Zwecke einer aktiven Begrenzung des Ausgangsstroms sowie andererseits - unter Berücksichtigung der aktuellen Ausgangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquelle - zur Bestimmung der Leistung des Halbleiterschalters auf einen Maximalwert und gegebenenfalls zur Leistungsbegrenzung herangezogen, indem der Sollwert des Ausgangsstroms entsprechend eingestellt, d.h. verändert und gegebenenfalls reduziert wird.

**[0017]** Der zur Leistungseinstellung des Halbleiterschalters, insbesondere während eines Einschaltvorgangs des elektronischen Schutzschalters, herangezogene Strommesswert des Ausgangsstroms der Stromquelleschaltung entspricht aufgrund der Reihenschaltung des Halbleiterschalters mit der angeschlossenen Last dem über diese fließenden Laststrom, der mittels einer Spiegelschaltung im Strompfad des Halbleiterschalters und der Last als Spannungswert erfasst wird.

**[0018]** Die Leistungseinstellung des Halbleiterschalters erfolgt dann gemäß der Beziehung  $P = U \cdot I$  anhand des erfassten Ausgangsstroms und der gemessenen Ausgangs- oder Lastspannung, durch deren Differenz zur gegebenen Eingangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquelleschaltung die Spannung über dem Halbleiterschalter, d. h. über dessen Drain-Source-Strecke bestimmt ist. Dabei wird der Halbleiterschalter

derart angesteuert, dass dessen Leistung (Verlustleistung) stets, d. h. in allen Betriebszuständen kleiner oder gleich einem bestimmten, maximalen Leistungswert ist.

**[0019]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass der in einer spannungsgesteuerten Stromquelle (Stromquellenschaltung) mit kontinuierlicher Erfassung des Ausgangsstroms verschaltete Halbleiterschalter eines elektronischen Schutzschalters in allen Betriebszuständen und somit auch im Überlast- oder Kurzschlussfall sowie während des Ladevorgangs einer kapazitiven Last leistungsmäßig stets in einem Sicherheitsbereich mit einer Leistung (Verlustleistung) kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert, beispielsweise 50W, arbeitet.

**[0020]** Im Falle eines zeitlich begrenzten Kurzschlusses, insbesondere während des Einschaltvorgangs auf eine kapazitive Last, wird aufgrund des sich einstellenden Spannungsdifferenzwertes der Stromquellenschaltung einerseits der Ausgangs- oder Laststrom mittels des Halbleiterschalters begrenzt und andererseits dieser Zustand erkannt, indem der sich einstellende Spannungsdifferenzwert erfasst wird. Somit kann der Sollwert für den Ausgangsstrom derart gesetzt werden, dass der maximale Leistungsverlust oder -wert des Halbleiterschalters innerhalb dessen Sicherheitsbereich liegt.

**[0021]** Aufgrund der zeitgleichen Überwachung der Ausgangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung (Stromquelle) wird zudem erkannt, ob diese innerhalb einer bestimmten Zietspanne ansteigt oder nicht. Gegenenfalls kann der Sollwert des Ausgangsstroms unter Berücksichtigung des leistungsmäßigen Sicherheitsbereichs des Halbleiterschalters erhöht werden. Andernfalls wird auf einen dauerhafte Überlast- oder Kurzschlussfall geschlossen und es erfolgt die Abschaltung des elektronischen Schutzschalters, indem der Ausgangsstrom mittels des Halbleiterschalters auf Null gesetzt wird.

**[0022]** Mit dieser Sollwert-Einstellung wird die Leistung des Halbleiterschalters in allen Betriebszuständen kontrolliert, und der Halbleiterschalter kann hinsichtlich der zu beherrschenden Verlustleistung entsprechend kleiner dimensioniert sein. Vorteilhafterweise arbeitet die spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung hierbei derart, dass bei Verwendung beispielsweise eines PMOS-Feldeffekttransistors im Normalbetrieb der aus dem Ist-Soll-Vergleich gebildete und den Halbleiterschalter steuernde Spannungsdifferenzwert kleiner als Null ( $< 0V$ ) ist. In diesem Zustand kann die Steuereinheit ruhen, ist also entsprechend leistungsarm. Erst wenn der Spannungsdifferenzwert den Schwellwert überschreitet, also beispielsweise größer als Null ( $> 0V$ ) wird, reagiert die Steuereinheit, indem diese den Sollwert absenkt und die Ausgangsspannung erfasst sowie anhand deren zeitlichen Verlauf den Sollwert der Ausgangsspannung vorzugsweise in diskreten Schritten anhebt, wenn die Ausgangsspannung innerhalb eines Zeitfensters ansteigt.

**[0023]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin

zeigen:

- Fig. 1 in einem Blockschaltbild einen elektronischen Schutzschalter mit einem in den Plus-Strompfad einer spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung geschalteten steuerbaren Halbleiterschalter sowie mit einer zu dessen Leistungssteuerung vorgesehenen und eingerichteten Steuereinheit oder -einrichtung in Form beispielsweise eines Mikroprozessors,
- Fig. 2 in einem Flussdiagramm den Verfahrensablauf des Steuerverfahrens des elektronischen Schutzschalters,
- Fig. 3 in einem Strom-Zeit-Diagramm den Verlauf des Ausgangsstroms (Laststrom) der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung des elektronischen Schutzschalters während eines Ladevorgangs einer kapazitiven Last, und
- Fig. 4 in einem mit Fig. 3 korrespondierenden Spannungs-Zeit-Diagramm den Verlauf der Ausgangsspannung der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung im Falle eines gesteuert stufenartigen Anstiegs des Ausgangsstroms.

**[0024]** Einander entsprechende Teile und Parameter sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0025]** Der schematisch dargestellte elektronische Schutzschalter 1 umfasst eine spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung 2 mit einem Leistungstransistor oder Halbleiterschalter 3 in einem Plus-Strompfad 4 und eine Steuereinheit oder -einrichtung 5, beispielsweise in Form eines Mikrocontrollers. Der Strompfad 3 erstreckt sich zwischen einem Betriebsspannungsanschluss oder Spannungseingang 6 und einem (positiven) Lastanschluss oder -ausgang 7. An diesen wird der Pluspol einer zu schaltenden Last L angeschlossen, während deren Minuspol gegen Masse oder Ground geführt ist. Die Betriebs- oder Eingangsspannung  $V_{in}$  in Form beispielsweise einer Gleichspannung mit 24 V (DC) wird an den Spannungseingang 6 des elektronischen Schutzschalters 1 angelegt. Der steuerbare Halbleiterschalter 3 ist im Ausführungsbeispiel durch einen sogenannten PMOS (p-Kanal-MOSFET oder PMOSFET) realisiert, d. h. einem Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor, bei dem positiv geladene Ladungsträger (Defektelektronen) zur Leitung des elektrischen Stroms durch den Kanal genutzt werden.

**[0026]** Bei angeschlossener Gleichspannungsquelle und angeschlossener Last L fließt beim Betrieb des Schutzschalters 1 ausgehend vom Spannungseingang 6 über den Strompfad 3 und somit über die Drain-Source-Strecke des Halbleiterschalters 3 sowie über die Last L ein Laststrom gegen Bezugspotential oder Ground (Masse) ab. Dieser über den Halbleiterschalter 3 und die Last L fließende Laststrom entspricht dem Ausgangsstrom  $I_L$  der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung 2.

Der Ausgangsstrom  $I_L$  wird mittels der spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2 erfasst. Hierzu umfasst diese die Widerstände R1 bis R3 und den Operationsverstärker OP1 sowie den Transistor Q4 und den gegen Ground (Masse) bzw. Bezugspotential geführten Widerstand R7 in deren in Figur 1 gezeigten Verschaltung.

**[0027]** Mit den Widerständen R1, R2, R3 und dem Operationsverstärker OP1 sowie mit dem Transistor Q4 und mit dem gegen Masse geschalteten Widerstand R7 der spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2 erfolgt quasi eine Stromspiegelung, indem der über den Widerstand R1 fließende Ausgangsstrom  $I_L$  am Widerstand R7 auf einen vergleichsweise geringen Stromwert quasi gespiegelt wird. Beträgt der Ausgangsstrom beispielsweise 1 A, so beträgt der über den Widerstand R7 fließende Strom beispielsweise 1 mA. Der entsprechende Spannungswert am Widerstand R7 wird dem Plus-Eingang des Operationsverstärkers OP2 als Istwert  $I_{ist}$  des Ausgangsstroms  $I_L$  zugeführt.

**[0028]** Die spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2 umfasst im Wesentlichen einen als Komparator zur Differenzbildung arbeitenden Operationsverstärker OP2, an dessen (positiven) Eingang  $E_{(+)}$  der Widerstand R7 und somit der Istwert  $I_{ist}$  des Ausgangsstroms  $I_L$  geführt ist. Der invertierende Eingang  $E_{(-)}$  des Operationsverstärkers OP2 ist über einen Widerstand R8 an einen Ausgang  $A_{Iset}$  der Steuereinheit 5 geführt. Über den Ausgang  $A_{Iset}$  liefert die Steuereinheit 5 einen Sollwert  $I_{set}$  des Ausgangsstroms  $I_L$  an den Operationsverstärker OP2. Zwischen den Ausgang  $A_S$  und den invertierenden Eingang  $E_{(-)}$  des Operationsverstärkers OP2 ist ein Kondensator C2 geschaltet.

**[0029]** Der Ausgang  $A_S$  des Operationsverstärkers OP2 der spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2 ist an einen Eingang  $E_{Lim}$  der Steuereinheit 5 geführt. Ein weiterer Eingang  $E_{Vout}$  der Steuereinheit 5 ist zwischen dem Halbleiterschalter 3 und dem Lastanschluss 7 an den Strompfad 4 geführt. Zudem ist der Ausgang  $A_S$  des Operationsverstärkers OP2 der Stromquellschaltung 2 mit dem Halbleiterschalter 3 steuerseitig, d. h. mit dessen Steuereingang (Gate) verbunden. Im Ausführungsbeispiel erfolgt dies über einen Verstärker 8 der spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2.

**[0030]** Im normalen Betriebszustand des elektronischen Schutzschalters 1 und dessen spannungsgesteuerter Stromquellschaltung 2 ist der Ausgang  $A_{Iset}$  der Steuereinheit 5 und damit der Sollwert  $I_{set}$  derart gesetzt, dass der Ausgangsstrom  $I_L$  vorzugsweise größer ist als der maximale Laststrom ist. Unter diesen normalen Bedingungen wird die Last- bzw. Ausgangsspannung  $V_{out}$  des elektronischen Schutzschalters 1 gleich dessen Eingangsspannung  $V_{in}$  sein.

**[0031]** Im Überlast- oder Kurzschlussfall oder beim Einschalten auf eine kapazitive Last L wird zunächst der Ausgangsstrom  $I_L$  auf einen Nominalwert  $I_{Nom}$  aktiv begrenzt, indem der Halbleiterschalter 3 entsprechend angesteuert wird. Dieser Zustand wird von der Steuerein-

heit 5 erkannt, da diese mit dem Ausgang  $A_S$  des Operationsverstärkers OP2 verbunden ist, der die Differenz zwischen dem aktuellen Istwert  $I_{ist}$  und dem vorgegebenen Sollwert  $I_{set}$  bildet und ausgangsseitig einen entsprechend veränderten Differenzwert S als Steuersignal (Steuerspannung) für den Halbleiterschalter 3 liefert. Dieser veränderte Differenzwert S des Operationsverstärkers OP2 führt zu einer entsprechenden Ansteuerung des Halbleiterschalters 3, sodass dieser entsprechend zugesteuert und der Ausgangsstrom  $I_L$  auf einen Strombegrenzungswert  $I_{max}$  begrenzt wird. Der Überlast- oder Kurzschlussfall wird zudem anhand der sich ändernden Ausgangsspannung (Lastspannung)  $V_{out}$  von der Steuereinheit 5 erfasst.

**[0032]** Sobald die Überlast oder der Kurzschluss erkannt wird, wird der Ausgangsstrom  $I_L$  der spannungsgesteuerten Stromquellschaltung 2 derart durch entsprechende Änderung des Sollwertes  $I_{set}$  gesetzt, dass die maximalen Leistungsverluste  $P_{max}$  des Halbleiterschalters 3 innerhalb dessen Sicherheitsbereiches (Safe Operation Area) liegt. Gleichzeitig wird die Ausgangsspannung  $V_{out}$  überwacht.

**[0033]** Falls innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne die Ausgangsspannung  $V_{out}$  nicht ansteigt, wird der Ausgangsstrom  $I_L$  auf null (0A) gesetzt, d.h. der elektronische Schutzschalter 1 schaltet den Lastausgang oder -anschluss 7 aus.

**[0034]** Falls hingegen die Ausgangsspannung  $V_{out}$  ansteigt, so wird der Sollwert  $I_{set}$  innerhalb des Sicherheitsbereiches des Halbleiterschalters 3 vorzugsweise stufenweise erhöht, sodass auch der Ausgangsstrom  $I_L$  entsprechend stufenweise ansteigt. Dabei bleibt die Leistung, d.h. die Verlustleistung des Halbleiterschalters 3 stets kleiner oder gleich dem maximalen Leistungswert  $P_{max}$ . Dies erfolgt mittels der Steuereinheit 5 durch Bildung des Produkts ( $V_{out} \cdot I_{set}$ ) aus dem Sollwert  $I_{set}$  und der Ausgangsspannung  $V_{out}$ . Die Erhöhung des Sollwertes  $I_{set}$  innerhalb des zulässigen Leistungsbereiches des Halbleiterschalters 3 erfolgt vorzugsweise schrittweise, bis die Ausgangsspannung  $V_{out}$  erneut gleich der Eingangsspannung  $V_{in}$  des elektronischen Schutzschalters 3 bzw. dessen Stromquellschaltung 2 ist.

**[0035]** Dieses Steuerverfahren, das sich insbesondere auch beim Einschalten des elektronischen Schutzschalters 1 auf eine kapazitive Last L eignet, ist in dem in Fig. 2 gezeigten Flussdiagramm veranschaulicht. Nach dem Start, d. h. mit dem Einschalten des elektronischen Schutzschalters 1 ist der Sollwert  $I_{set}$  von der Steuereinheit 5 auf den jeweiligen Nominalstrom  $I_{Nom}$  gesetzt. Anschließend erfolgt die Abfrage, ob der gesetzte Sollwert  $I_{set}$  größer als der Strombegrenzung- oder Maximalwert  $I_{max}$  ist. Ist dies der Fall, so wird im nächsten Schritt das Produkt aus dem aktuellem Sollwert  $I_{set}$  und der aktueller Ausgangsspannung  $V_{out}$  gebildet und abgefragt, ob dieses Produkt größer als der maximale Leistungswert  $P_{max}$  ist. Ist dies der Fall, so wird der Sollwert  $I_{set}$  auf einen Minimalwert  $I_{Min}$  gesetzt. Dieser entspricht vorzugsweise einem Bruchteil von beispielsweise 20%

des Nominalwertes  $I_{N_{\text{Nom}}}$  des Ausgangsstroms  $I_L$ .

**[0036]** Fig. 4 zeigt diesen Zustand anhand des Strom-Zeit-Diagramms  $I_{N_{\text{Nom}}}(t)$ , wobei auf der x-Achse die Zeit  $t$  in  $\mu\text{s}$  und auf der y-Achse der normierte Last- bzw. Ausgangsstrom  $I_L$  als Nominalwert  $I_{N_{\text{Nom}}}$  (in %) aufgetragen ist. Im Ausgangszustand ist der Sollwert  $I_{\text{set}}$  auf den Nominalwert  $I_{N_{\text{Nom}}}$  des Ausgangsstroms  $I_L$  gesetzt. Dieser Zustand bleibt erhalten, solange der Sollwert  $I_{\text{set}}$  den Maximalwert  $I_{\text{max}}$  und die Leistung  $(V_{\text{out}} \cdot I_{\text{set}})$  des Halbleiterschalters 3 den maximalen Leistungswert  $P_{\text{max}}$  unterschreitet.

**[0037]** Zum Zeitpunkt  $t = 400$  erfolgt die Einschaltung des Schutzschalters 1 auf die kapazitive Last L. Quasi zeitgleich setzt die Steuereinheit 5 den Sollwert  $I_{\text{set}}$  des Ausgangsstroms  $I_L$  auf 20% des Nominalwertes  $I_{N_{\text{Nom}}}$ . Mit der Herabsetzung des Sollwertes  $I_{\text{set}}$  wird über den Operationsverstärker OP2 der Halbleiterschalter 3 anhand des Differenzwertes S entsprechend zugesteuert. Nach einer vorgebbaren Zeitspanne mit beispielsweise  $\Delta t = 100$  wird die Reaktion auf diese Einstellung bzw. Steuerung oder Regelung erfasst, indem die aktuelle Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}(t = 500)$  abgefragt wird. Ist die Ausgangsspannung null ( $V_{\text{out}} = 0$ ), so löst der elektronische Schutzschalter 3 aus. Ist hingegen die Ausgangsspannung ungleich null ( $V_{\text{out}} \neq 0$ ), d. h. hat die Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}$  einen gewissen Spannungswert  $V_t > 0$  erreicht, so wird der Sollwert  $I_{\text{set}}$  um einen Stufenwert  $I_{\text{step}}$  erhöht, der beispielsweise 30% des Normalstroms  $I_{N_{\text{Nom}}}$  entspricht.

**[0038]** Anschließend erfolgt die Abfrage, ob der Sollwert  $I_{\text{set}}$  bereits den Nominalwert  $I_{N_{\text{Nom}}}$  erreicht hat. Ist dies der Fall, so beginnt der Steueralgorithmus erneut mit der Abfrage, ob der Sollwert  $I_{\text{set}}$  dem Nominalwert  $I_{N_{\text{Nom}}}$  entspricht. Ist dies nicht der Fall, so wird unter Abfrage der Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}$  und insbesondere dessen Anstiegs infolge der stufenweisen Heraufsetzung des Sollwertes  $I_{\text{set}}$  der Programmablauf beginnend mit einer weiteren Sollwerterhöhung  $I_{\text{step}}$  durchlaufen. Überschreitet die Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}$  den Spannungswert  $V_t$  nicht, so erfolgt erneut die Auslösung des elektronischen Schutzschalters 3.

**[0039]** Der Zusammenhang zwischen dem sukzessiven, vorzugsweisen stufenartigen Anstieg des Sollwertes  $I_{\text{set}}$  und damit des Ausgangsstroms  $I_L$  einerseits mit dem zeitlichen Verlauf der normierten Last- bzw. Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}(\%)$  andererseits ist aus den in den Fig. 3 und 4 gezeigten Diagrammen ersichtlich. Steigt demnach mit sukzessiver Erhöhung des Sollwertes  $I_{\text{set}}$  der Ausgangsstrom  $I_L$  und mit diesem auch die Ausgangsspannung  $V_{\text{out}}$  kontinuierlich an, so wird der Sollwert  $I_{\text{set}}$  erhöht, bis der Ausgangsstrom  $I_L$  den Nominalwert  $I_{N_{\text{Nom}}}$  erreicht. Der in Fig. 4 veranschaulichte Spannungsverlauf über die Zeit  $t$  in  $\mu\text{s}$  repräsentiert den typischen Einschaltfall auf eine kapazitive Last L.

**[0040]** Mittels des Verfahrens und anhand dem in Fig. 2 veranschaulichten Flussdiagramm entsprechenden Algorithmus kann der Halbleiterschalter 3 im Rahmen einer konstanten Strombegrenzung derart angesteuert

werden, dass im Überlast- oder Kurzschlussfall der Ausgangs- oder Laststrom  $I_L$  zumindest kurzzeitig auf einen vorgegeben maximalen Strombegrenzungswert  $I_{\text{max}}$  begrenzt wird, und dass dabei dessen Verlustleistung kleiner oder gleich dem maximalen Leistungswert  $P_{\text{max}}$  ist. Der Strombegrenzungswert  $I_{\text{max}}$  beträgt beispielsweise dem 1,5- bis 2-fachen des Nennstroms des Schutzschalters 1.

**[0041]** Aufgrund der Vorgabe des Sollwertes  $I_{\text{set}}$  von der Steuereinheit 5 an den Operationsverstärker OP2 und somit an die spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung 2 wird die Leistung des Halbleiterschalters 3 in allen Betriebszuständen von der Steuereinheit 5 kontrolliert. Dadurch kann der Halbleiterschalter 3 hinsichtlich der zu beherrschenden Verlustleistung entsprechend kleiner dimensioniert werden.

**[0042]** Bei der gemäß dem Ausführungsbeispiel unter Verwendung eines PMOS-Feldeffekttransistors vorteilhafterweise mit dem Ist-Soll-Vergleich arbeitenden spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung 2 erfolgt praktisch automatisch eine Strombegrenzung im Überlast- oder Kurzschlussfall, indem der Halbleiterschalter 3 aufgrund der Bildung des Differenzwertes S am Ausgang  $A_S$  des Operationsverstärkers OP2 automatisch zugesteuert wird, wenn ein Schwellwert erreicht oder überschritten wird. So ist im Normalbetrieb der Differenzwertes S, d. h. der den Halbleiterschalter 3 als Steuersignal steuernde Spannungsdifferenzwert kleiner als Null ( $< 0V$ ). In diesem Zustand kann die Steuereinheit 5 ruhen und ist entsprechend leistungsarm. Erst wenn der Differenzwertes S den Schwellwert  $S_0$ , nämlich  $S_0 = 0V$  überschreitet, also größer als Null ( $> 0V$ ) wird, reagiert die Steuereinheit 5 und senkt den Sollwert  $I_{\text{set}}$  ab, wobei zuvor oder zeitgleich der Halbleiterschalter mittels des Differenzwertes  $S \geq S_0$  in die Strombegrenzung mit  $I_L \leq I_{\text{max}}$  steuert. Anstelle des PMOS kann auch ein anderer MOSFET- oder bipolarer Transistor-Typ als Halbleiterschalter 3 eingesetzt sein. Auch kann der Verstärker 8 entfallen oder als Verstärkerschaltung aufgebaut sein.

Bezugszeichenliste

**[0043]**

- |   |   |
|---|---|
| 1 | elektronischer Schutzschalter             |
| 2 | spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung |
| 3 | Halbleiterschalter                        |
| 4 | Strom-/Pluspfad                           |
| 5 | Steuereinheit/-einrichtung                |
| 6 | Spannungseingang                          |
| 7 | Lastanschluss/-ausgang                    |
| 8 | Verstärker                                |

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| $A_{I_{\text{set}}}$ | Ausgang                |
| $A_S$                | Ausgang                |
| C1,2                 | Kondensator            |
| $E_{(+)}$            | (positiver) Eingang    |
| $E_{(-)}$            | invertierender Eingang |

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| $E_{Vout}$ | Eingang                       |
| $E_{ILim}$ | Eingang                       |
| L          | Last                          |
| OP1,2      | Operationsverstärker          |
| Q2,4       | Transistor                    |
| R1-R8      | ohmscher Widerstand           |
| $I_L$      | Ausgangs-/Laststrom           |
| $I_{max}$  | Maximal-/Strombegrenzungswert |
| $I_{Min}$  | Minimalwert                   |
| $I_{Nom}$  | Nominalwert                   |
| $I_{set}$  | Sollwert                      |
| $V_{in}$   | Betriebs-/Eingangsspannung    |
| $V_{out}$  | Ausgangsspannung              |
| $P_{max}$  | maximaler Leistungswert       |
| S          | Differenzwert/Steuersignal    |
| $S_0$      | Schwellwert                   |

### Patentansprüche

1. Elektronischer Schutzschalter (1) mit einer Steuereinheit (5) und mit einem steuerbaren Halbleiterschalter (6), der in einen Strompfad (4) zwischen einem Spannungseingang (6) und einem Lastausgang (7) geschaltet ist,
- wobei der Halbleiterschalter (3) in eine spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung (2) integriert ist, deren Ausgangsstrom ( $I_L$ ) bei angeschlossener Last (L) mittels der Steuereinheit (5) derart eingestellt ist, dass die Leistung des Halbleiterschalters (2) kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert ( $P_{max}$ ) ist, und
  - wobei die Steuereinheit (5) einen Sollwert ( $I_{set}$ ) an die spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung (2) ausgibt und von dieser einen Differenzwert (S) erhält, der aus einer Abweichung eines den Ausgangsstrom ( $I_L$ ) repräsentierenden Istwertes ( $I_{ist}$ ) vom Sollwert ( $I_{set}$ ) gebildet und dem Halbleiterschalter (3) als Steuersignal zu dessen Ansteuerung zugeführt ist,
- dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Steuereinheit (5) im Überlast- oder Kurzschlussfall den Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) auf einen vorgebbaren oder vorgegebenen Minimalwert ( $I_{Min}$ ) einstellt und bei über die Zeit ansteigender Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Stromquellenschaltung (2) auf einen Nominalwert ( $I_{Nom}$ ) erhöht.
2. Elektronischer Schutzschalter (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung (2) der Steuereinheit (5) zugeführt ist, welche die Leistung des Halbleiterschalters (3), vorzugsweise aus der Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) und dem Sollwert ( $I_{set}$ ), ermittelt und den maximalen Leistungswert ( $P_{max}$ ) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) einstellt.
3. Elektronischer Schutzschalter (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der steuerbare Halbleiterschalter (3) innerhalb der spannungsgesteuerten Stromquellenschaltung (2) derart angesteuert ist, dass im Überlastoder Kurzschlussfall der Ausgangsstrom ( $I_L$ ) unter Berücksichtigung des maximalen Leistungswert ( $P_{max}$ ) begrenzt ist.
4. Elektronischer Schutzschalter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Steuereinheit (5) den Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) stufenweise erhöht.
5. Elektronischer Schutzschalter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung (2) einen Operationsverstärker (OP2) aufweist, dem eingangsseitig der Istwert ( $I_{ist}$ ) und der Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) zugeführt ist, und der ausgangsseitig mit einem Eingang ( $E_{ILim}$ ) der Steuereinheit (5) sowie mit dem Halbleiterschalter (3) steuerseitig verbunden ist.
6. Verfahren zur Steuerung eines elektronischen Schutzschalters (1) mit einem in eine spannungsgesteuerte Stromquellenschaltung (2) integrierten steuerbaren Halbleiterschalter (3),
- bei dem der Ausgangsstrom ( $I_L$ ) der Stromquellenschaltung (2) als Istwert ( $I_{ist}$ ) erfasst und dieser mit einem Sollwert ( $I_{set}$ ) unter Bildung eines Differenzwert (S) verglichen wird, der als Steuersignal zur Ansteuerung des Halbleiterschalters (3) dient,
  - bei dem der Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) der Stromquellenschaltung (2) derart eingestellt wird, dass die Leistung des Halbleiterschalters (2) stets kleiner oder gleich einem maximalen Leistungswert ( $P_{max}$ ) ist,
- dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** im Überlast- oder Kurzschlussfall der Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) auf einen Minimalwert ( $I_{Min}$ ) eingestellt und anschließend in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Stromquellenschaltung (2) nur dann auf einen Nominalwert ( $I_{Nom}$ ) erhöht wird, wenn im zeitlichen Verlauf die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) ansteigt.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Ausgangsstrom ( $I_L$ ) auf einen Stromwert ( $I_{max}$ ) begrenzt wird, wenn der aus dem Istwert ( $I_{ist}$ ) und dem Sollwert ( $I_{set}$ ) gebildete Differenzwert (S) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) einen Schwellwert ( $S_0$ ) erreicht oder überschreitet.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) der Stromquellschaltung (2) erfasst und der Sollwert ( $I_{set}$ ) des Ausgangsstroms ( $I_L$ ) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung ( $V_{out}$ ) eingestellt wird.

### Claims

1. Electronic circuit breaker (1) with a control unit (5) and with a controllable semiconductor switch (6), which is connected in a current path (4) between a voltage input (6) and a load output (7),
- wherein the semiconductor switch (3) is integrated into a voltage-controlled current source circuit (2), whose output current ( $I_L$ ), when a load (L) is connected, is set by means of the control unit (5) in such a way that the power of the semiconductor switch (2) is less than or equal to a maximum power value (Pmax), and
  - wherein the control unit (5) outputs a setpoint value ( $I_{set}$ ) to the voltage-controlled current source circuit (2) and receives from the latter a differential value (S), which is formed from a deviation of an actual value (Iist) - representing the output current ( $I_L$ ) - from the setpoint value ( $I_{set}$ ) and is fed to the semiconductor switch (3) as a control signal for driving said semiconductor switch,
- characterized in**  
**that** in the event of an overload or short circuit the control unit (5) sets the setpoint value ( $I_{set}$ ) of the output current ( $I_L$ ) to a predeterminable or predetermined minimum value ( $I_{Min}$ ) and increases it to a nominal value ( $I_{Nom}$ ) when the output voltage ( $V_{out}$ ) of the current source circuit (2) increases over time.
2. Electronic circuit breaker (1) according to claim 1,  
**characterized in**  
**that** the output voltage ( $V_{out}$ ) is fed to the voltage-controlled current source circuit (2) of the control unit (5), which determines the power of the semiconductor switch (3), preferably from the output voltage ( $V_{out}$ ) and the setpoint value ( $I_{set}$ ), and sets the maximum power value ( $P_{max}$ ) depending on the output voltage ( $V_{out}$ ).

3. Electronic circuit breaker (1) according to claim 1 or 2,  
**characterized in**  
**that** the controllable semiconductor switch (3) within the voltage-controlled current source circuit (2) is driven in such way that in the event of overload or short circuit the output current ( $I_L$ ) is limited, taking into account the maximum power value ( $P_{max}$ ).
4. Electronic circuit breaker (1) according to one of claims 1 to 3,  
**characterized in**  
**that** the control unit (5) gradually increases the setpoint value ( $I_{set}$ ) of the output current ( $I_L$ ) in steps depending on the output voltage ( $V_{out}$ ).
5. Electronic circuit breaker (1) according to one of claims 1 to 4,  
**characterized in**  
**that** the voltage-controlled current source circuit (2) comprises an operational amplifier (OP2), to which the actual value ( $I_{ist}$ ) and the setpoint value ( $I_{set}$ ) of the output current ( $I_L$ ) is supplied on the input side, and which is connected to an input ( $E_{ILim}$ ) of the control unit (5) on the output side and to the half-conductor switch (3) on the control side.
6. Method for controlling an electronic circuit breaker (1) with a controllable semiconductor switch (3) integrated in a voltage-controlled current source circuit (2),
- in which the output current ( $I_L$ ) of the current source circuit (2) is detected as an actual value ( $I_{ist}$ ) and the latter is compared with a setpoint value ( $I_{set}$ ) so as to form a differential value (S), which serves as a control signal for driving the semiconductor switch (3),
  - in which the setpoint value ( $I_{set}$ ) of the output current ( $I_L$ ) of the current source circuit (2) is set in such way that the power of the semiconductor switch (2) is always less than or equal to a maximum power value ( $P_{max}$ ),
- characterized in**  
**that**, in the event of an overload or short circuit, the setpoint ( $I_{set}$ ) of the output current ( $I_L$ ) is set to a minimum value ( $I_{Min}$ ) and then, depending on the output voltage ( $V_{out}$ ) of the current source circuit (2), is only increased to a nominal value ( $I_{Nom}$ ), if the output voltage ( $V_{out}$ ) increases over time.
7. Method according to claim 6,  
**characterized in**  
**that** the output current ( $I_L$ ) is limited to a current value ( $I_{max}$ ) if the differential value (S) of the output current ( $I_L$ ) formed from the actual value ( $I_{ist}$ ) and the setpoint value ( $I_{set}$ ) reaches or exceeds a threshold value

(S<sub>0</sub>).

8. Method according to claim 6 or 7, **characterized in** **that** the output voltage (V<sub>out</sub>) of the current source circuit (2) is detected and the setpoint value (I<sub>set</sub>) of the output current (I<sub>L</sub>) is set depending on the output voltage (V<sub>out</sub>).

#### Revendications

1. Disjoncteur électronique (1) avec une unité de commande (5) et avec un commutateur à semi-conducteur (6) commandable, qui est connecté dans un trajet de courant (4) entre une entrée de tension (6) et une sortie de charge (7),

- dans lequel le commutateur à semi-conducteur (3) est intégré dans un circuit de source de courant (2) commandé en tension, dont le courant de sortie (I<sub>L</sub>), lorsqu'une charge (L) est connectée, est réglé au moyen de l'unité de commande (5) de telle sorte que la puissance du commutateur à semi-conducteur (2) soit inférieure ou égale à une valeur de puissance maximale (P<sub>max</sub>), et

- dans lequel l'unité de commande (5) délivre une valeur de consigne (I<sub>set</sub>) au circuit de source de courant (2) commandé en tension et reçoit de ce dernier une valeur différentielle (S) qui est formée à partir d'un écart d'une valeur réelle (I<sub>act</sub>) - représentant le courant de sortie (I<sub>L</sub>) - par rapport à la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) et est fournie au commutateur à semi-conducteur (3) en tant que signal de commande pour la commande de ce dernier,

#### caractérisé en ce

qu'en cas de surcharge ou de court-circuit, l'unité de commande (5) fixe la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) du courant de sortie (I<sub>L</sub>) à une valeur minimale (I<sub>Min</sub>) prédéterminable ou prédéterminée et l'augmente à une valeur nominale (I<sub>Nom</sub>) lorsque la tension de sortie (V<sub>out</sub>) du circuit de source de courant (2) augmente dans le temps.

2. Disjoncteur électronique (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce en ce que la tension de sortie (V<sub>out</sub>) est alimentée au circuit de source de courant (2) commandé en tension de l'unité de commande (5), qui détermine la puissance du commutateur à semi-conducteur (3), de préférence à partir de la tension de sortie (V<sub>out</sub>) et de la valeur de consigne (I<sub>set</sub>), et fixe la valeur de puissance maximale (P<sub>max</sub>) en fonction de la tension de sortie (V<sub>out</sub>).

3. Disjoncteur électronique (1) selon la revendication 1 ou 2,

#### caractérisé en ce

que commutateur à semi-conducteur (3) commandable à l'intérieur du circuit de source de courant (2) commandé en tension est commandé de telle manière que le courant de sortie (I<sub>L</sub>) est limité en cas de surcharge ou de court-circuit, compte tenu de la valeur de puissance maximale (P<sub>max</sub>).

4. Disjoncteur électronique (1) selon l'une des revendications 1 à 3,

#### caractérisé en ce

que l'unité de commande (5) augmente progressivement la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) du courant de sortie (I<sub>L</sub>) en fonction de la tension de sortie (V<sub>out</sub>).

5. Disjoncteur électronique (1) selon l'une des revendications 1 à 4,

#### caractérisé en ce

que le circuit de source de courant (2) commandé en tension comporte un amplificateur opérationnel (OP2), auquel la valeur réelle (I<sub>act</sub>) et la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) du courant de sortie (I<sub>L</sub>) est fournie du côté de l'entrée, et qui est relié du côté de la sortie à une entrée (E<sub>Llim</sub>) de l'unité de commande (5) et du côté de la commande au commutateur à semi-conducteur (3).

6. Procédé de commande d'un disjoncteur électronique (1) avec un commutateur à semi-conducteur (3) commandable intégré dans un circuit de source de courant (2) commandé en tension,

- dans lequel le courant de sortie (I<sub>L</sub>) du circuit de source de courant (2) est détecté comme une valeur réelle (I<sub>act</sub>) et cette dernière est comparée à une valeur de consigne (I<sub>set</sub>), en formant une valeur différentielle (S), qui sert de signal de commande pour la commande du commutateur à semi-conducteur (3),

- dans lequel la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) du courant de sortie (I<sub>L</sub>) du circuit de source de courant (2) est réglée de telle sorte que la puissance du commutateur à semi-conducteur (2) soit toujours inférieure ou égale à une valeur de puissance maximale (P<sub>max</sub>),

#### caractérisé en ce

- qu'en cas de surcharge ou de court-circuit, la valeur de consigne (I<sub>set</sub>) du courant de sortie (I<sub>L</sub>) est fixée à une valeur minimale (I<sub>Min</sub>) et ensuite, en fonction de la tension de sortie (V<sub>out</sub>), n'est augmentée à une valeur nominale (I<sub>Nom</sub>) que si la tension de sortie (V<sub>out</sub>) augmente dans le temps.

7. Procédé selon la revendication 6,

#### caractérisé en ce

**que** le courant de sortie ( $I_L$ ) est limité à une valeur de courant ( $I_{max}$ ) si la valeur différentielle (S) du courant de sortie ( $I_L$ ) formée à partir de la valeur réelle ( $I_{act}$ ) et de la valeur de consigne ( $I_{set}$ ) atteint ou dépasse une valeur seuil ( $S_0$ ).

5

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7,

**caractérisé en ce**

**que** la tension de sortie ( $V_{out}$ ) du circuit de source de courant (2) est détectée et la valeur de consigne ( $I_{set}$ ) du courant de sortie ( $I_L$ ) est réglée en fonction de la tension de sortie ( $V_{out}$ ).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

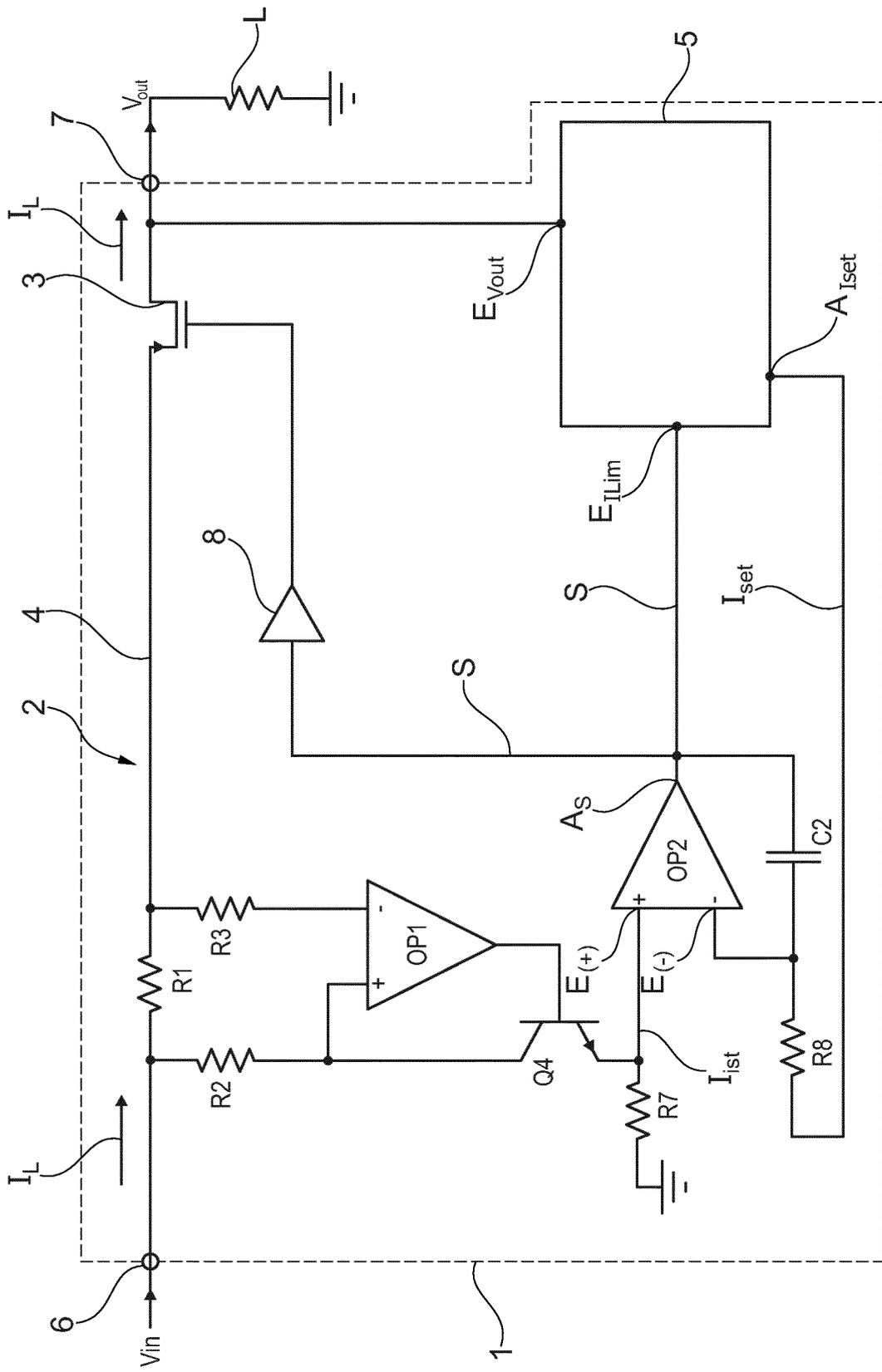


Fig. 1

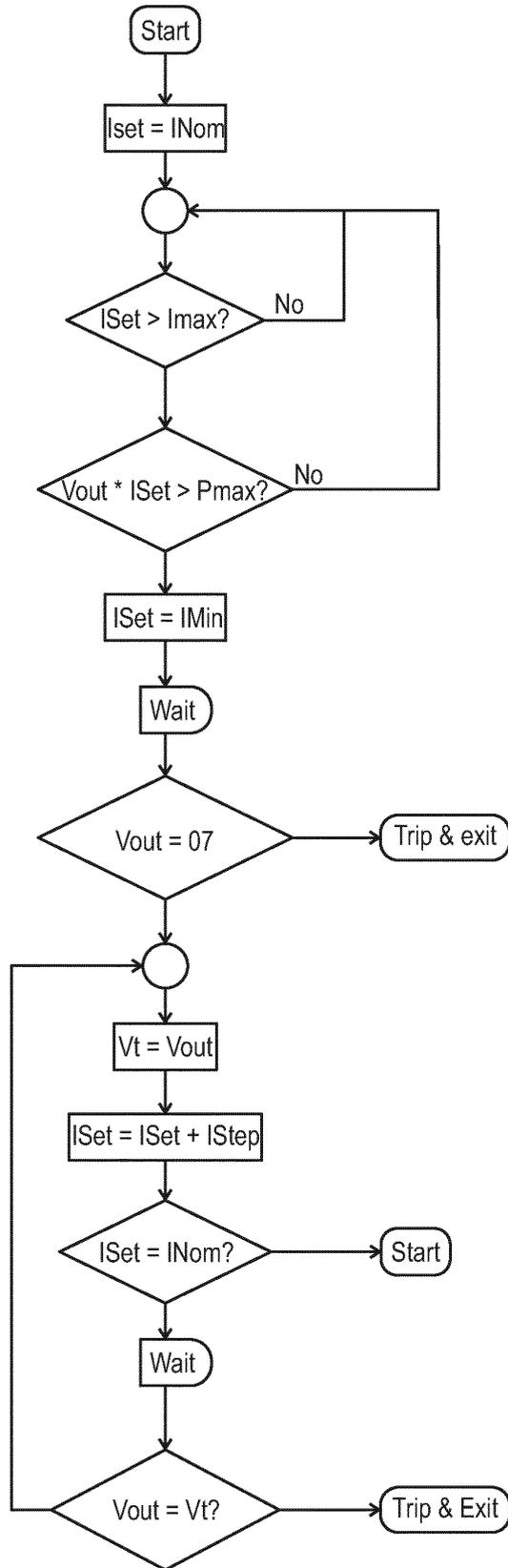


Fig. 2

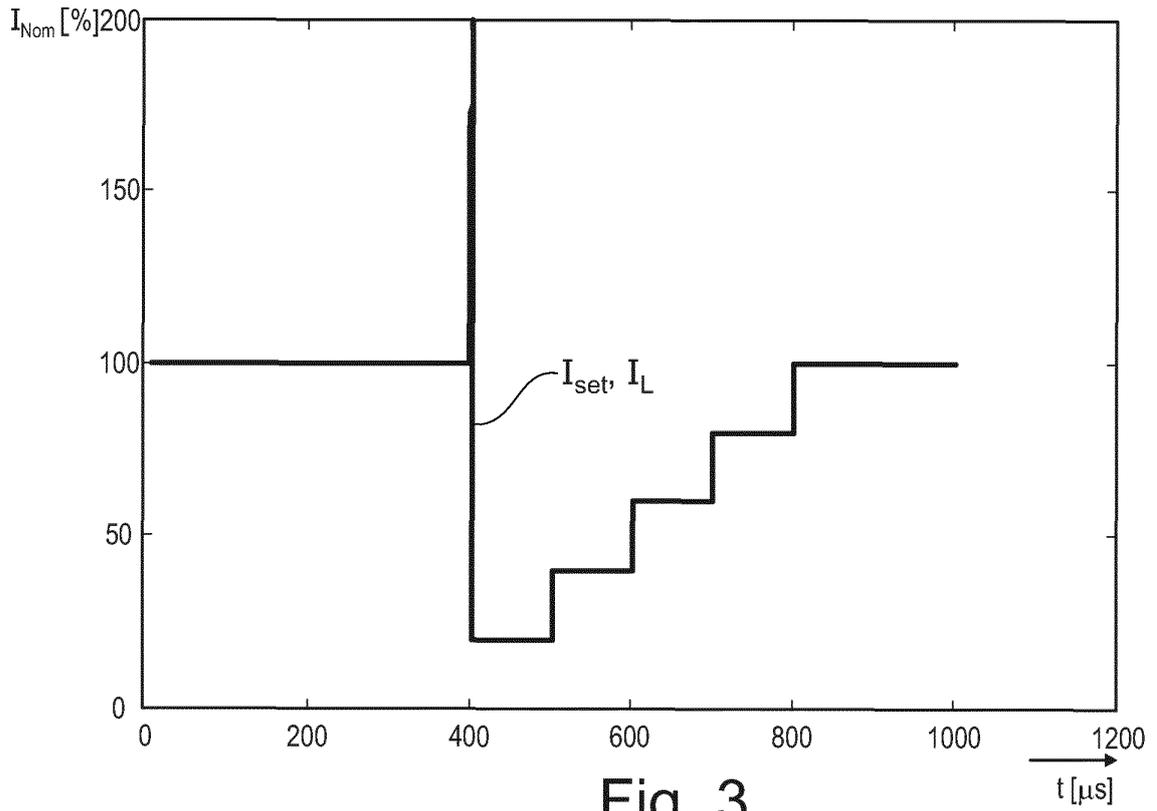


Fig. 3

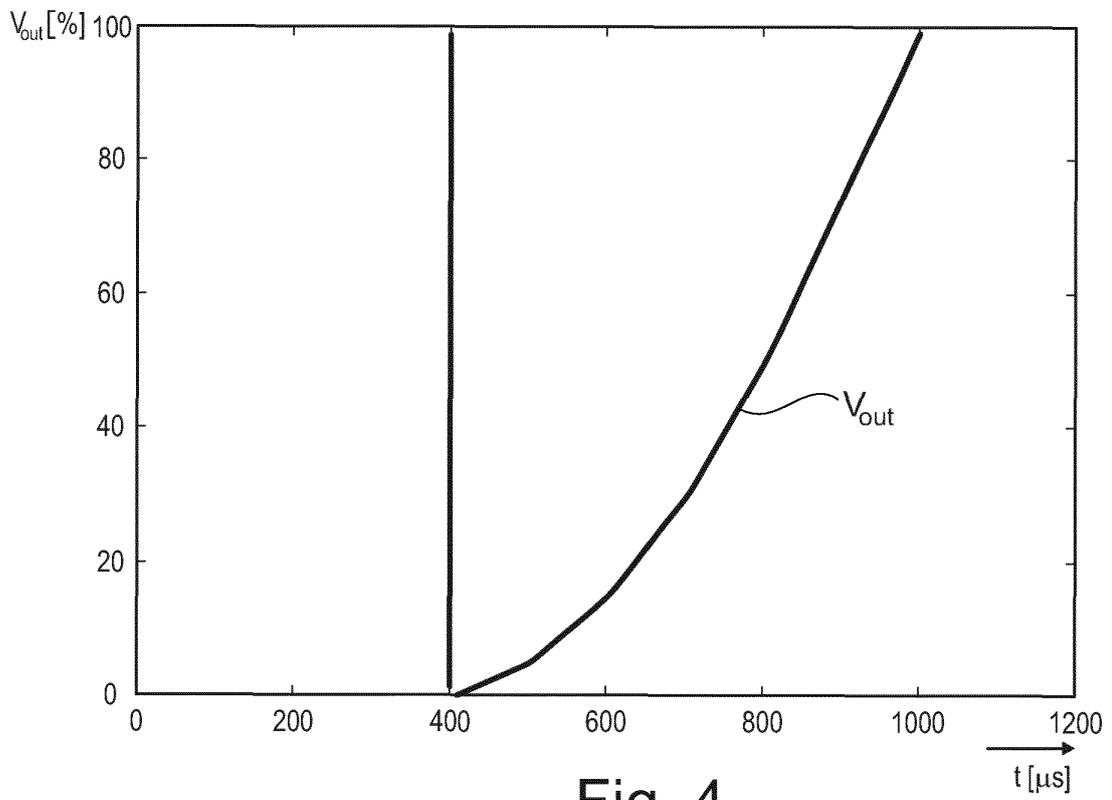


Fig. 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102005038124 A1 **[0001]**
- DE 20302275 U1 **[0002]**
- EP 1186086 B1 **[0003]**
- EP 1150410 A2 **[0004]**
- EP 1294069 B1 **[0005]**